

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-175771

(P2020-175771A)

(43) 公開日 令和2年10月29日(2020.10.29)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 6 2 D 6/00 (2006.01)	B 6 2 D 6/00	3 D 2 3 2
B 6 2 D 5/04 (2006.01)	B 6 2 D 5/04	3 D 3 3 3
B 6 2 D 101/00 (2006.01)	B 6 2 D 101:00	
B 6 2 D 113/00 (2006.01)	B 6 2 D 113:00	
B 6 2 D 119/00 (2006.01)	B 6 2 D 119:00	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2019-79343 (P2019-79343)
 (22) 出願日 平成31年4月18日 (2019. 4. 18)

(71) 出願人 000004204
 日本精工株式会社
 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号
 (74) 代理人 100078776
 弁理士 安形 雄三
 (74) 代理人 100200333
 弁理士 古賀 真二
 (74) 代理人 100121887
 弁理士 菅野 好章
 (72) 発明者 橋 貴弘
 群馬県前橋市鳥羽町 7 8 番地 日本精工株式会社内

最終頁に続く

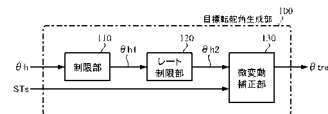
(54) 【発明の名称】 車両用操向システムの制御装置

(57) 【要約】

【課題】 操舵角等の微変動に対して車両が過敏に反応することなく、適度な転舵を実現するための車両用操向システムの制御装置を提供する。

【解決手段】 電気的に伝えられる操舵情報を用いて転舵機構を制御する車両用操向システムの制御装置において、目標転舵角を生成する目標転舵角生成部と、目標転舵角に対して、転舵機構において検出される転舵角を追従させるようなモータ電流指令値を演算する転舵角制御部とを備え、目標転舵角生成部が、操舵情報より目標転舵角を生成する微変動補正部を具備し、微変動補正部が、操舵情報の微変動に対する目標転舵角の変動を小さくする補正を操舵情報に対して行うことにより目標転舵角を生成し、モータ電流指令値に基づいて転舵機構を制御する。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電氣的に伝えられる操舵情報を用いて転舵機構を制御する車両用操向システムの制御装置であって、

目標転舵角を生成する目標転舵角生成部と、

前記目標転舵角に対して、前記転舵機構において検出される転舵角を追従させるようなモータ電流指令値を演算する転舵角制御部とを備え、

前記目標転舵角生成部が、前記操舵情報より前記目標転舵角を生成する微変動補正部を具備し、

前記微変動補正部が、前記操舵情報の微変動に対する前記目標転舵角の変動を小さくする補正を前記操舵情報に対して行うことにより前記目標転舵角を生成し、

前記モータ電流指令値に基づいて前記転舵機構を制御することを特徴とする車両用操向システムの制御装置。

10

【請求項 2】

前記微変動補正部が行う補正が、前記操舵情報に応じて演算されるヒステリシス特性を有する信号を前記操舵情報から減算する補正である請求項 1 に記載の車両用操向システムの制御装置。

【請求項 3】

前記目標転舵角生成部が、

前記操舵情報の上下限値を制限する制限部を更に具備する請求項 1 又は 2 に記載の車両用操向システムの制御装置。

20

【請求項 4】

前記目標転舵角生成部が、

前記操舵情報の変化量を制限するレート制限部を更に具備する請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の車両用操向システムの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、操舵機構と転舵機構とが機械的に分離されているステアバイワイヤ（S B W）システム等の車両用操向システムの制御装置に関し、特に、電氣的に伝えられる操舵角等の情報を用いて転舵機構を制御する車両用操向システムの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

車両用操向システムの 1 つとして、広く普及している電動パワーステアリング装置の他に、運転者が操作するハンドルを有する操舵機構と転舵輪を転舵する転舵機構とが機械的に分離されているステアバイワイヤ（S B W）システムがある。S B W システムでは、ハンドルの操作を電気信号によって転舵機構に伝えると共に、運転者に適切な操舵感を与えるための操舵反力を操舵機構に生成する。適切な操舵感を与える S B W システムとして、例えば特開 2 0 0 6 - 2 9 8 2 2 3 号公報（特許文献 1）に開示されている車両用操舵装置がある。

40

【0003】

特許文献 1 の装置では、転舵輪が縁石等に当接した場合にもその当接状態を運転者に適切に伝えるために、転舵機構に備えられている転舵モータの駆動電流と転舵輪の転舵速度に基づいて、ハンドルに対する運転者の操舵操作を規制するか否かを判断している。このような判断を行うことにより、操舵操作を急速に実行した場合に転舵モータの位置制御の応答遅れによって、転舵軸の実際の位置と目標位置との偏差が大きくなっても、その操舵が不本意に規制されてしまうことがないようにしている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-298223号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一方、S B Wシステムでは、運転者によるハンドル操作を的確に転舵機構に伝える必要があるが、運転者が意図しないハンドルの動きにより車両が不安定な動作になることを防止する必要もある。例えば、車両走行中に小石や白線等を踏んだ場合や、ブレーキジャダーやシミ等が発生する場合等、外乱作用によりハンドルが振動すると、ハンドルの操舵角での僅かな変動（微変動）が転舵機構の転舵角に影響を与える。S B Wシステムでは、通常、ハンドル操作の情報として操舵角を使用し、その操舵角に基づいて転舵輪の転舵角の目標値である目標転舵角を決定し、目標転舵角に実際の転舵角が追従するような転舵角制御を行っている。よって、操舵角の微変動の影響が目標転舵角に直接反映してしまい、その結果、ハンドルの僅かな変動に対して、転舵角制御を行うことにより、不快な振動として車両が揺れてしまう場合がある。また、ハンドルのごく僅かな操舵により、車両が過敏に応答してしまう場合もあり、このような車両の挙動を抑制する必要がある。しかしながら、特許文献1の装置では、転舵モータの回転角から転舵位置（転舵角に相当）を算出し、車速及び操舵角に基づいて転舵位置の目標値（目標転舵角に相当）を算出し、転舵位置と目標値の偏差に基づくPID（比例積分微分）制御により転舵機構での位置制御を行っているが、その位置制御において上記のようなハンドルの僅かな振動や操舵による影響を考慮しておらず、操舵角の微変動への対応がなされていない。

10

20

【0006】

本発明は上述のような事情よりなされたものであり、本発明の目的は、操舵角等の微変動に対して車両が過敏に反応することなく、適度な転舵を実現するための車両用操向システムの制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、電氣的に伝えられる操舵情報を用いて転舵機構を制御する車両用操向システムの制御装置に関し、本発明の上記目的は、目標転舵角を生成する目標転舵角生成部と、前記目標転舵角に対して、前記転舵機構において検出される転舵角を追従させるようなモータ電流指令値を演算する転舵角制御部とを備え、前記目標転舵角生成部が、前記操舵情報より前記目標転舵角を生成する微変動補正部を具備し、前記微変動補正部が、前記操舵情報の微変動に対する前記目標転舵角の変動を小さくする補正を前記操舵情報に対して行うことにより前記目標転舵角を生成し、前記モータ電流指令値に基づいて前記転舵機構を制御することにより達成される。

30

【0008】

また、本発明の上記目的は、前記微変動補正部が行う補正が、前記操舵情報に応じて演算されるヒステリシス特性を有する信号を前記操舵情報から減算する補正であることにより、或いは、前記目標転舵角生成部が、前記操舵情報の上下限値を制限する制限部を更に具備することにより、或いは、前記目標転舵角生成部が、前記操舵情報の変化量を制限するレート制限部を更に具備することにより、より効果的に達成される。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明の車両用操向システムの制御装置によれば、目標転舵角の生成において、操舵角等の操舵情報の微変動に対する目標転舵角の変動が小さくなるような補正を行うことにより、操舵情報の微変動に対して車両が過敏に反応することなく、適度な転舵を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

50

【図 1】本発明に係る制御装置を備える S B W システムの概要の例を示す構成図である。

【図 2】本発明の構成例を示すブロック図である。

【図 3】目標転舵角生成部の構成例を示すブロック図である。

【図 4】制限部での上下限值の設定例を示す線図である。

【図 5】微変動補正部の構成例を示すブロック図である。

【図 6】ヒステリシス信号の特性例を示す線図である。

【図 7】転舵角制御部の構成例を示すブロック図である。

【図 8】目標操舵トルク生成部の構成例及び基本マップの特性例を示す図である。

【図 9】捩れ角制御部の構成例を示すブロック図である。

【図 10】本発明の動作例を示すフローチャートである。

【図 11】転舵角制御部の動作例を示すフローチャートである。

【図 12】微変動補正の効果を示すシミュレーションにおいて用いた目標転舵角の変化例を示すグラフである。

【図 13】微変動補正の効果を示すシミュレーションにおいて、微変動補正がある場合の目標転舵角の時間応答の例を示すグラフである。

【図 14】微変動補正の効果を示すシミュレーションにおいて、ヒステリシス特性を有する信号及び微変動補正後の目標転舵角の変化例を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明は、転舵機構を制御する制御装置において、操舵角等の操舵情報の微変動による車両の過敏な反応を抑制するために、操舵情報に基づいて目標転舵角を生成する際に、操舵情報の微変動に対する目標転舵角の変動が小さくなるような補正（以下、「微変動補正」とする）を行い、補正された目標転舵角に対して転舵角を追従させるような制御により転舵用モータに対する指令であるモータ電流指令値を演算する。微変動補正の方法として、例えば、ヒステリシス特性を有する信号（以下、「ヒステリシス信号」とする）を操舵情報に応じて演算し、そのヒステリシス信号を操舵情報から減算したものを目標転舵角とする。

【0012】

以下に、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

【0013】

まず、本発明に係る制御装置を備える S B W システムの構成例について説明する。

【0014】

図 1 は S B W システムの構成例を示した図である。S B W システムは、運転者が操作するハンドル 1 を有する操舵機構を構成する反力装置 40、転舵輪を転舵する転舵機構を構成する転舵装置 30、及び両装置の制御を行う制御装置 50 を備える。S B W システムには、一般的な電動パワーステアリング装置が備える、コラム軸（ステアリングシャフト、ハンドル軸）2 と機械的に結合されるインターミディエイトシャフトがなく、運転者によるハンドル 1 の操作を電気信号によって、具体的には反力装置 40 から出力される操舵情報である操舵角 h を電気信号として伝える。

【0015】

転舵装置 30 は、転舵用モータ 31、転舵用モータ 31 の回転速度を減速するギア 32 及び回転運動を直線運動に変換するピニオンラック機構 34 を備え、操舵角 h の変化に合わせて、転舵用モータ 31 を駆動し、その駆動力を、ギア 32 を介してピニオンラック機構 34 に付与し、タイロッド 3a, 3b を経て、転舵輪 5L, 5R を転舵する。ピニオンラック機構 34 の近傍には角度センサ 33 が配置されており、転舵輪 5L, 5R の転舵角 t を検出する。転舵角 t として、転舵用モータ 31 のモータ角やラックの位置等を使用しても良い。

【0016】

反力装置 40 は、反力用モータ 41 及び反力用モータ 41 の回転速度を減速する減速機構 42 を備え、転舵輪 5L, 5R から伝わる車両の運動状態を、反力用モータ 41 により

10

20

30

40

50

生成される反力トルクとして運転者に伝達する。反力装置 40 は、トーションバー（図示せず）を有するコラム軸 2 に設けられる舵角センサ 43 及びトルクセンサ 44 を更に備え、操舵角 θ 及びハンドル 1 の操舵トルク T_s （又はトーションバーの捩れ角）をそれぞれ検出する。

【0017】

制御装置 50 は、反力装置 40 及び転舵装置 30 を協調制御するために、両装置から出力される操舵角 θ や転舵角 θ_t 等の情報に加え、車速センサ 10 で検出される車速 V_s 等を基に、反力用モータ 41 を駆動制御するための電圧制御指令値 V_{ref1} 及び転舵用モータ 31 を駆動制御するための電圧制御指令値 V_{ref2} を生成する。制御装置 50 には、バッテリー 12 から電力が供給されると共に、イグニッションキー 11 を経てイグニッションキー信号が入力される。また、制御装置 50 には、車両の各種情報を授受する CAN（Controller Area Network）20 が接続されており、車速 V_s は CAN 20 から受信することも可能である。更に、制御装置 50 には、CAN 20 以外の通信、アナログ/デジタル信号、電波等を授受する非 CAN 21 も接続可能である。

10

【0018】

制御装置 50 は CPU（MCU、MPU 等も含む）を有し、反力装置 40 及び転舵装置 30 の協調制御は、主として CPU 内部においてプログラムで実行される。その制御を行うための構成例を図 2 に示す。図 2 において、反力用モータ 41、PWM（パルス幅変調）制御部 920、インバータ 930 及びモータ電流検出器 940 を反力装置 40 が具備し、転舵用モータ 31、角度センサ 33、PWM 制御部 420、インバータ 430 及びモータ電流検出器 440 を転舵装置 30 が具備し、その他の構成要素が制御装置 50 で実現される。なお、制御装置 50 の構成要素の一部又は全部をハードウェアで実現しても良い。また、制御装置 50 は、データやプログラム等を格納するために、RAM（ランダムアクセスメモリ）や ROM（リードオンリーメモリ）等を搭載しても良い。また、制御装置 50 が PWM 制御部 920、インバータ 930、モータ電流検出器 940、PWM 制御部 420、インバータ 430 及びモータ電流検出器 440 を具備しても良い。

20

【0019】

制御装置 50 は、転舵装置 30 の制御（以下、「転舵制御」とする）を行う構成と、反力装置 40 の制御（以下、「反力制御」とする）を行う構成を有し、各構成が協調して、反力装置 40 及び転舵装置 30 を制御する。

30

【0020】

転舵制御は、舵角速度演算部 310、右切り/左切り判定部 320、目標転舵角生成部 100、転舵角制御部 200、電流制御部 300 及び減算部 410 により行われる。舵角速度演算部 310 にて操舵角 θ から演算された舵角速度 $\dot{\theta}$ に基づいて、右切り/左切り判定部 320 が操舵状態（右切り/左切り）を判定する。その判定結果と操舵角 θ に基づいて目標転舵角生成部 100 にて目標転舵角 θ_{ref} が生成される。目標転舵角 θ_{ref} は転舵角 θ_t と共に転舵角制御部 200 に入力され、転舵角制御部 200 にて、転舵角 θ_t が目標転舵角 θ_{ref} となるようなモータ電流指令値 I_{mct} が演算される。そして、モータ電流指令値 I_{mct} とモータ電流検出器 440 で検出される転舵用モータ 31 の電流値（モータ電流値） I_{md} の偏差 $I_2 (= I_{mct} - I_{md})$ が減算部 410 で算出され、偏差 I_2 に基づいて電流制御部 300 にて電圧制御指令値 V_{ref2} が求められる。転舵装置 30 では、電圧制御指令値 V_{ref2} に基づいて、PWM 制御部 420 及びインバータ 430 を介して転舵用モータ 31 が駆動制御される。

40

【0021】

舵角速度演算部 310 は、操舵角 θ に対する微分演算により舵角速度 $\dot{\theta}$ を算出する。微分演算として、ハイパスフィルタ（HPF）とゲインによる擬似微分を行なっても良く、別の手段で算出しても良い。

【0022】

右切り/左切り判定部 320 は、舵角速度 $\dot{\theta}$ を基に操舵が右切りか左切りかを判定し、判定結果を操舵状態 S_{Ts} として出力する。即ち、舵角速度 $\dot{\theta}$ が正の値の場合は「右

50

切り」と判定し、負の値の場合は「左切り」と判定する。なお、舵角速度 h の代わりに、転舵角 t や転舵用モータ 31 の回転角等に対して速度演算を行って算出される角速度を用いても良い。この場合、舵角速度演算部 310 は、その角速度を算出することになる。

【0023】

目標転舵角生成部 100 の構成例を図 3 に示す。目標転舵角生成部 100 は、制限部 110、レート制限部 120 及び微変動補正部 130 を備える。

【0024】

制限部 110 は、操舵角 h の上下限値を制限して、操舵角 h_1 を出力する。操舵角 h の上下限値を制限することにより、ハードウェアエラー等による RAM のデータ化けや通信異常等の影響で操舵角 h が異常値となった場合に、異常な値の出力を抑える。図 4 に示されるように、操舵角に対する上限値及び下限値を予め設定し、入力する操舵角 h が、上限値以上の場合には上限値を、下限値以下の場合には下限値を、それ以外の場合には操舵角 h を、操舵角 h_1 として出力する。なお、操舵角が異常値とならない場合や、他の手段で異常な値の出力を抑える場合等では制限部 110 は省略可能である。

【0025】

レート制限部 120 は、非常に急激な操舵が行われた場合、又は、上記のように操舵角が異常値になった場合に、操舵角の急変を防止するために、操舵角 h_1 の変化量に対して制限値を設定して制限をかけて、操舵角 h_2 を出力する。例えば、1 サンプル前の操舵角 h_1 からの差分を変化量とし、その変化量の絶対値が所定の値（制限値）より大きい場合、変化量の絶対値が制限値となるように、操舵角 h_1 を加減算し、操舵角 h_2 として出力し、制限値以下の場合には、操舵角 h_1 をそのまま操舵角 h_2 として出力する。操舵角 h_1 の変化量に対して制限をかけることにより、目標転舵角の急変を防止し、車両の不安定挙動を抑制する。なお、変化量の絶対値に対して制限値を設定するのではなく、変化量に対して上限値及び下限値を設定して制限をかけるようにしても良く、変化量ではなく変化率や差分率に対して制限をかけるようにしても良い。また、操舵角が急変しない場合や、他の手段で急変を回避する場合等ではレート制限部 120 は省略可能である。

【0026】

微変動補正部 130 は、操舵角 h_2 及び操舵状態 STs を入力し、操舵角 h_2 に対して微変動補正を行うことにより、目標転舵角 t_{ref} を算出する。具体的には、操舵角 h_2 に応じたヒステリシス信号 SHy を演算し、ヒステリシス信号 SHy を操舵角 h_2 から減算することにより微変動補正を行う。図 5 は微変動補正部 130 の構成例を示すブロック図であり、操舵角 h_2 は減算部 132 に加算入力されると共に、ヒステリシス演算部 131 に入力され、ヒステリシス信号 SHy はヒステリシス演算部 131 にて演算される。

【0027】

ヒステリシス演算部 131 は操舵角 h_2 及び操舵状態 STs に基づき、下記数 1 に従ってヒステリシス信号 SHy を演算する。なお、下記数 1 では、 $x = h_2$ 、 $y = SHy$ としており、 $a > 1$ 、 $c > 0$ であり、 A_{hys} はヒステリシス幅である。

【0028】

【数 1】

$$\text{右切り時 } y_R = A_{hys} \left\{ 1 - a^{-c(x-b)} \right\}$$

$$\text{左切り時 } y_L = -A_{hys} \left\{ 1 - a^{c(x-b')} \right\}$$

右切り操舵から左切り操舵、左切り操舵から右切り操舵へ切り替える際に、最終座標 (x_1 , y_1) の値に基づき、切り替え後の数 1 の “ b ” に以下の数 2 を代入する。これにより、切り替え前後の連続性が保たれる。

【0029】

10

20

30

40

50

【数 2】

$$\text{右切り時 } b = x_1 + \frac{1}{c} \log_a \left(1 - \frac{y_1}{A_{hys}} \right)$$

$$\text{左切り時 } b' = x_1 - \frac{1}{c} \log_a \left(1 + \frac{y_1}{A_{hys}} \right)$$

上記数 2 は、上記数 1 中の x に x_1 を、 y_R 及び y_L に y_1 を代入することにより導出することができる。

10

【0030】

“a”として1より大きい任意の正数を用いることができ、例えば、ネイピア数“e”を用いた場合、数1及び数2は下記数3及び数4となる。

【0031】

【数 3】

$$\text{右切り時 } y_R = A_{hys} \left[1 - \exp \{ -c(x - b) \} \right]$$

$$\text{左切り時 } y_L = -A_{hys} \left[1 - \exp \{ c(x - b') \} \right]$$

【0032】

20

【数 4】

$$\text{右切り時 } b = x_1 + \frac{1}{c} \log_e \left(1 - \frac{y_1}{A_{hys}} \right)$$

$$\text{左切り時 } b' = x_1 - \frac{1}{c} \log_e \left(1 + \frac{y_1}{A_{hys}} \right)$$

数3及び数4において $A_{hys} = 1$ [N・m]、 $c = 0.3$ と設定し、 0 [deg] から開始し、 $+50$ [deg]、 -50 [deg] の操舵をした場合の、ヒステリシス信号 SHy の線図例を図6に示す。即ち、ヒステリシス演算部131からのヒステリシス信号 SHy は、0の原点 L1 (細線) L2 (破線) L3 (太線) のようなヒステリシス特性を有する。

30

【0033】

ヒステリシス演算部131で演算されたヒステリシス信号 SHy を操舵角 h_2 から減算部132にて減算することにより、目標転舵角 $tr_e f$ を算出する。

【0034】

このように、図6に示されるようなヒステリシス信号 SHy を操舵角 h_2 から減算することにより、操舵角 h_2 に対して不感帯と同様な効果を得ることができる。つまり、操舵角 h_2 が微変動する場合は、図6でのL2及びL3においてヒステリシス信号 SHy が一定となる範囲は狭くなり、ヒステリシス信号 SHy は操舵角 h_2 の増減に合わせて増減するので、そのようなヒステリシス信号 SHy を操舵角 h_2 から減算して算出された目標転舵角 $tr_e f$ の変動は小さくなる。一方、操舵角 h_2 の変動が大きい場合は、ヒステリシス信号 SHy が一定となる範囲は広くなり、操舵角 h_2 からは略一定値のヒステリシス信号 SHy が減算されることになるので、目標転舵角 $tr_e f$ の変化は操舵角 h_2 の変化に略合うものとなる。

40

【0035】

なお、微変動補正部130での微変動補正の方法については、操舵角 h_2 の微変動に対して目標転舵角 $tr_e f$ の変動が小さくなるのであれば、上記以外の方法を使用しても良い。例えば、通常は操舵角 h_2 を目標転舵角 $tr_e f$ とし、操舵角 h_2 の変化

50

量が所定の小さな値以下の場合、目標転舵角 t_{ref} は変化させず、前回の目標転舵角を目標転舵角 t_{ref} とする等の方法を使用しても良い。

【0036】

転舵角制御部200は、目標転舵角 t_{ref} に対して転舵角 t を追従させるような制御を行い、モータ電流指令値 I_{mct} を算出する。図7は転舵角制御部200の構成例を示すブロック図であり、転舵角制御部200は、転舵角フィードバック(FB)補償部210、転舵角速度演算部220、速度制御部230、出力制限部240及び減算部250を備えている。目標転舵角生成部100から出力される目標転舵角 t_{ref} は減算部250に加算入力され、転舵角 t は減算部250に減算入力されると共に、転舵角速度演算部220に入力される。

10

【0037】

転舵角FB補償部210は、減算部250で算出される、目標転舵角 t_{ref} と転舵角 t の偏差 t_0 に対して補償値 C_{FB} (伝達関数) を乗算し、目標転舵角 t_{ref} に転舵角 t が追従するような目標転舵角速度 t_{ref} を出力する。補償値 C_{FB} は単純なゲイン K_{pp} でも、PI(比例積分)制御の補償値など一般的に用いられている補償値でも良い。目標転舵角速度 t_{ref} は速度制御部230に入力される。

【0038】

転舵角速度演算部220は、転舵角 t に対して、舵角速度演算部310と同様に、微分演算により転舵角速度 t_t を算出し、転舵角速度 t_t は速度制御部230に入力される。微分演算として、HPFとゲインによる擬似微分を行なっても良い。

20

【0039】

速度制御部230は、I-P制御(比例先行型PI制御)による速度制御を行い、目標転舵角速度 t_{ref} に転舵角速度 t_t が追従するようなモータ電流指令値 I_{mcta} を算出する。減算部233で目標転舵角速度 t_{ref} と転舵角速度 t_t との差分($t_{ref} - t_t$)を算出し、その差分を、ゲイン K_{vi} を有する積分部232にて積分し、積分結果は減算部234に加算入力される。転舵角速度 t_t は比例部231にも入力され、ゲイン K_{vp} による比例処理を施され、処理結果は減算部234に減算入力される。そして、減算部234での減算結果がモータ電流指令値 I_{mcta} として出力される。なお、速度制御部230は、I-P制御ではなく、PI制御、P(比例)制御、PID制御、PI-D制御(微分先行型PID制御)、モデルマッチング制御、モデル規範制御等の一般的に用いられている制御方法でモータ電流指令値 I_{mcta} を算出しても良い。

30

【0040】

出力制限部240は、速度制御部230からのモータ電流指令値 I_{mcta} の上下限値を制限して、モータ電流指令値 I_{mct} を出力する。目標転舵角生成部100内の制限部110と同様に、モータ電流指令値 I_{mcta} に対する上限値及び下限値を予め設定して制限をかける。なお、制限部110と同様に、モータ電流指令値が異常値とならない場合や、他の手段で異常な値の出力を抑える場合等では出力制限部240は省略可能である。

【0041】

モータ電流指令値 I_{mct} は減算部410に加算入力され、減算部410にて、フィードバックされているモータ電流値 I_{md} との偏差 I_2 が演算される。電流制御部300は偏差 I_2 を入力し、PI制御等により電流制御を行い、電流制御された電圧制御指令値 V_{ref2} を出力する。

40

【0042】

電圧制御指令値 V_{ref2} は転舵装置30に送られ、PWM制御部420に入力されてデューティが演算され、PWM制御部420からのPWM信号により、インバータ430を介して転舵用モータ31がPWM駆動される。転舵用モータ31のモータ電流値 I_{md} はモータ電流検出器440で検出され、制御装置50の減算部410にフィードバックされる。

【0043】

転舵制御では転舵角 t が目標転舵角 t_{ref} に追従するような制御が行われるが、

50

反力制御ではトーションバーの捩れ角 θ が目標捩れ角 θ_{ref} に追従するような制御が行われる。反力制御は、目標操舵トルク生成部 500、変換部 600、捩れ角制御部 700、電流制御部 800 及び減算部 910 により行われる。目標操舵トルク生成部 500 にて操舵角 θ 及び車速 V_s に基づいて目標操舵トルク T_{ref} が生成され、目標操舵トルク T_{ref} は変換部 600 にて目標捩れ角 θ_{ref} に変換される。目標捩れ角 θ_{ref} は捩れ角 θ と共に捩れ角制御部 700 に入力され、捩れ角制御部 700 にて、捩れ角 θ が目標捩れ角 θ_{ref} となるようなモータ電流指令値 I_{mc} が演算される。そして、モータ電流指令値 I_{mc} とモータ電流検出器 940 で検出される反力用モータ 41 の電流値 (モータ電流値) I_{mr} の偏差 $I_1 (= I_{mc} - I_{mr})$ が減算部 910 で算出され、偏差 I_1 に基づいて電流制御部 800 にて電圧制御指令値 V_{ref1} が求められる。反力装置 40 では、電圧制御指令値 V_{ref1} に基づいて、PWM 制御部 920 及びインバータ 930 を介して反力用モータ 41 が駆動制御される。なお、トーションバーの捩れ角 θ は、コラム軸 2 のハンドル側に設けられた上側角度センサとトーションバーを挟んで反対側に設けられた下側角度センサにて検出される角度の差として求めても良いし、操舵トルク T_s から換算して求めても良い。

10

20

30

40

50

【0044】

目標操舵トルク生成部 500 は、基本マップを有し、基本マップを用いて、車速 V_s をパラメータとする目標操舵トルク T_{ref} を出力する。基本マップはチューニングにより調整されており、例えば、図 8 (A) に示されるように、目標操舵トルク T_{ref} が、操舵角 θ の大きさ (絶対値) $|\theta|$ が増加するにつれて増加し、車速 V_s が増加するにつれても増加するようになっている。なお、図 8 (A) において、符号部 501 は操舵角 θ の符号 (+1、-1) を乗算部 502 に出力しており、操舵角 θ の大きさからマップにより目標操舵トルク T_{ref} の大きさを求め、これに操舵角 θ の符号を乗算し、目標操舵トルク T_{ref} を求める構成となっている。或いは、図 8 (B) に示されるように、正負の操舵角 θ に応じてマップを構成しても良く、この場合、操舵角 θ が正の場合と負の場合とで変化の態様を変えても良い。また、図 8 に示される基本マップは車速感応であるが、車速感応でなくとも良い。

【0045】

変換部 600 は、トーションバーのバネ定数 K_t の逆数の符号を反転した $-1/K_t$ の特性を有しており、目標操舵トルク T_{ref} を目標捩れ角 θ_{ref} に変換する。

【0046】

捩れ角制御部 700 の構成例を図 9 に示す。捩れ角制御部 700 は、図 7 に示される転舵角制御部 200 の構成例と同様の構成をしており、目標転舵角 θ_{tref} 及び転舵角 θ_t の代わりに目標捩れ角 θ_{ref} 及び捩れ角 θ を入力する。捩れ角フィードバック (FB) 補償部 710、捩れ角速度演算部 720、速度制御部 730、出力制限部 740 及び減算部 750 が、それぞれ転舵角 FB 補償部 210、転舵角速度演算部 220、速度制御部 230、出力制限部 240 及び減算部 250 と同様の構成で同様の動作を行い、モータ電流指令値 I_{mc} を出力する。

【0047】

減算部 910、電流制御部 800、PWM 制御部 920、インバータ 930 及びモータ電流検出器 940 は、それぞれ減算部 410、電流制御部 300、PWM 制御部 420、インバータ 430 及びモータ電流検出器 440 と同様な構成で同様な動作を行う。

【0048】

なお、目標操舵トルク生成部 500 の前段 (操舵角 θ の入力口) 又は後段に位相補償を行なう位相補償部を挿入しても良い。位相補償として位相進み補償を設定し、例えば、分子のカットオフ周波数を 1.0 Hz 、分母のカットオフ周波数を 1.3 Hz とした 1 次フィルタで位相進み補償を行う場合、スッキリしたフィールを実現することができる。また、捩れ角制御部 700 では、捩れ角を制御対象とするのではなく、操舵トルクを制御対象とし、操舵トルク T_s 及び目標操舵トルク T_{ref} を入力し、操舵トルク T_s が目標操舵トルク T_{ref} になるような制御を行っても良い。この場合、変換部 600 は不要とな

る。

【0049】

このような構成において、本実施形態の動作例を図10及び図11のフローチャートを参照して説明する。

【0050】

動作を開始すると、操舵角 h 、車速 V_s 、転舵角 t 及び捩れ角 θ が検出又は算出され（ステップS10）、操舵角 h は舵角速度演算部310、目標転舵角生成部100及び目標操舵トルク生成部500に、車速 V_s は目標操舵トルク生成部500に、転舵角 t は転舵角制御部200に、捩れ角 θ は捩れ角制御部700にそれぞれ入力される。

【0051】

舵角速度演算部310は、操舵角 h に対する微分演算により舵角速度 \dot{h} を算出し（ステップS20）、右切り/左切り判定部320に出力する。

【0052】

右切り/左切り判定部320は、舵角速度 \dot{h} を入力し、舵角速度 \dot{h} の符号を基に操舵が右切りか左切りかを判定し、判定結果を操舵状態 ST_s として、目標転舵角生成部100に出力する（ステップS30）。

【0053】

目標転舵角生成部100では、操舵角 h は制限部110に、操舵状態 ST_s は微変動補正部130にそれぞれ入力される。制限部110は、予め設定された上限値及び下限値により操舵角 h の上下限値を制限し（ステップS40）、操舵角 h_1 としてレート制限部120に出力する。レート制限部120は、予め設定された制限値により操舵角 h_1 の変化量に対して制限をかけ（ステップS50）、操舵角 h_2 として微変動補正部130に出力する。微変動補正部130は、ヒステリシス演算部131において、数3及び数4に基づいて、操舵角 h_2 及び操舵状態 ST_s に応じたヒステリシス信号 SH_y を演算し、減算部132において、操舵角 h_2 からヒステリシス信号 SH_y を減算することにより、目標転舵角 t_{ref} を算出する（ステップS60）。目標転舵角 t_{ref} は転舵角制御部200に出力される。

【0054】

転舵角 t 及び目標転舵角 t_{ref} を入力した転舵角制御部200は、モータ電流指令値 I_{mct} を演算する（ステップS70）。転舵角制御部200の動作例については、図11のフローチャートを参照して説明する。

【0055】

転舵角制御部200に入力された目標転舵角 t_{ref} は減算部250、転舵角 t は減算部250及び転舵角速度演算部220にそれぞれ入力される（ステップS71）。

【0056】

減算部250では、目標転舵角 t_{ref} から転舵角 t を減算することにより、偏差 t_0 が算出される（ステップS72）。偏差 t_0 は転舵角FB補償部210に入力され、転舵角FB補償部210は、偏差 t_0 に補償値 C_{FB} を乗算することにより偏差 t_0 を補償し（ステップS73）、目標転舵角速度 \dot{t}_{ref} を速度制御部230に出力する。

【0057】

転舵角 t を入力した転舵角速度演算部220は、転舵角 t に対する微分演算により転舵角速度 \dot{t} を算出し（ステップS74）、速度制御部230に出力する。

【0058】

速度制御部230では、目標転舵角速度 \dot{t}_{ref} と転舵角速度 \dot{t} の差分が減算部233で算出され、その差分が積分部232で積分 (K_{vi}/s) されて減算部234に加算入力される（ステップS75）。更に、転舵角速度 \dot{t} は比例部231で比例処理 (K_{vp}) され、比例結果が減算部234に減算入力され（ステップS75）、減算部234での減算結果であるモータ電流指令値 I_{mcta} が出力される。モータ電流指令値 I_{mcta} は出力制限部240に入力される。

10

20

30

40

50

【0059】

出力制限部240は、予め設定された上限値及び下限値によりモータ電流指令値 I_{mct} の上下限値を制限し(ステップS76)、モータ電流指令値 I_{mct} として出力する(ステップS77)。

【0060】

モータ電流指令値 I_{mct} は減算部410に加算入力され、モータ電流検出器440で検出されたモータ電流値 I_{md} との偏差 I_2 が減算部410で算出される(ステップS80)。偏差 I_2 は電流制御部300に入力され、電流制御部300は電流制御により電圧制御指令値 V_{ref2} を算出する(ステップS90)。その後、電圧制御指令値 V_{ref2} に基づいて、PWM制御部420及びインバータ430を介して、転舵用モータ31が駆動制御される(ステップS100)。

10

【0061】

一方、目標操舵トルク生成部500は、図8(A)又は(B)に示される基本マップを用いて、操舵角 δ 及び車速 V_s に応じた目標操舵トルク T_{ref} を生成し(ステップS110)、変換部600に出力する。変換部600は、目標操舵トルク T_{ref} を目標捩れ角 δ_{ref} に変換し(ステップS120)、捩れ角制御部700に出力する。

【0062】

捩れ角 δ 及び目標捩れ角 δ_{ref} を入力した捩れ角制御部700は、捩れ角 δ 及び目標捩れ角 δ_{ref} を対象として、転舵角制御部200と同様の動作により、モータ電流指令値 I_{mc} を演算する(ステップS130)。

20

【0063】

モータ電流指令値 I_{mc} は減算部910に加算入力され、モータ電流検出器940で検出されたモータ電流値 I_{mr} との偏差 I_1 が減算部910で算出される(ステップS140)。偏差 I_1 は電流制御部800に入力され、電流制御部800は電流制御により電圧制御指令値 V_{ref1} を算出する(ステップS150)。その後、電圧制御指令値 V_{ref1} に基づいて、PWM制御部920及びインバータ930を介して、反力用モータ41が駆動制御される(ステップS160)。

【0064】

なお、図10及び図11におけるデータ入力及び演算等の順番は適宜変更可能である。また、捩れ角制御部700内の速度制御部730は、転舵角制御部200内の速度制御部230と同様に、I-P制御ではなく、PI制御、P制御、PID制御、PI-D制御等、実現可能で、P、I及びDのいずれかの制御を用いていれば良く、更に、転舵角制御部200及び捩れ角制御部700での追従制御は、一般的に用いられている制御構成で行っても良い。転舵角制御部200については、目標角度(ここでは目標転舵角 δ_{ref})に対して実角度(ここでは転舵角 δ)が追従する制御構成であれば、車両用装置に用いられている制御構成に限定されず、例えば、産業用位置決め装置や産業用ロボット等の産業用電動機に用いられている制御構成を適用しても良い。更に、上記では、操舵情報として操舵角を使用しているが、上側角度センサが検出するハンドル角や下側角度センサが検出するコラム角を操舵情報として使用しても良い。

30

【0065】

本実施形態での微変動補正部による微変動補正の効果について、シミュレーション結果を基に説明する。

40

【0066】

シミュレーションでは、操舵角 δ と微変動補正がない場合の目標転舵角 δ_{ref} を一致させ、色々な外乱の影響でハンドルが一定時間振動し、その後、外乱の影響がなくなり運転者は通常に操舵したと想定し、目標転舵角 δ_{ref} を、動作開始から2secまでは微変動として振幅1degで変化させ、それ以降は振幅5degで変化させて、微変動補正がある場合とない場合の目標転舵角 δ_{ref} の時間応答を調べた。

【0067】

図12は上記のように変化させた目標転舵角 δ_{ref} の時間変化を示すグラフであり

50

、これが、微変動補正がない場合の目標転舵角 t_{ref} の時間応答となる。丸い破線で囲った箇所が、目標転舵角が微変動した箇所であり、このように変化する目標転舵角に対して転舵角が追従するように動作するので、車両の揺れの発生が懸念される。また、このように運転者が意図せずに僅かに操舵したとした場合は、車両が過敏に反応してしまうことが懸念される。

【0068】

これに対して、微変動補正がある場合の目標転舵角 t_{ref} の時間応答を図13に示す。図13において、点線は、図12の場合と同様に、微変動補正がない場合の目標転舵角 t_{ref} の時間応答であり、実線が、微変動補正がある場合の目標転舵角 t_{ref} の時間応答（図中では「変換後目標転舵角」と表記）である。両者を比較すると、丸い破線で囲った目標転舵角が微変動している0～2secの間では、微変動補正がない場合より微変動補正がある場合の方が、目標転舵角が低減されているので、僅かなハンドルの動きに対して車両が過敏に反応するのが抑制される。それ以降の通常の操舵である振幅5degでの操舵では、適度に目標転舵角が出力されている。

10

【0069】

本シミュレーションにおける操舵角（本シミュレーションでは、微変動補正がない場合の目標転舵角と一致）に対するヒステリシス信号SHyの変化の様子を図14（A）に、微変動補正がある場合の操舵角に対する目標転舵角 t_{ref} の変化の様子を図14（B）に示す。図14（A）において、H1は操舵角が微変動した場合のヒステリシス信号SHyであり、H2は通常に操舵した場合のヒステリシス信号SHyである。このようなヒステリシス信号を操舵角から減算して算出された結果が、図14（B）に示される目標転舵角 t_{ref} である。図14（B）において、T1は操舵角が微変動した場合の目標転舵角 t_{ref} であり、T2は通常に操舵した場合の目標転舵角 t_{ref} である。T1からわかるように、操舵角が微変動しているときには目標転舵角の変動は小さくなっている。一方、T2からわかるように、操舵角が通常の操舵程度に変化しているときには目標転舵角は適度な変化となっている。

20

【0070】

上述の実施形態では1つの制御装置で転舵制御と反力制御を行っているが、転舵制御用の制御装置と反力制御用の制御装置をそれぞれ設けても良い。この場合、制御装置同士は通信によりデータの送受信を行うことになる。また、舵角速度演算部310及び右切り/左切り判定部320の処理は転舵制御用の制御装置で実行されることになるが、これらの処理を反力制御用の制御装置で実行し、右切り/左切り判定部320から出力される操舵状態STsを転舵制御用の制御装置に送るようにしても良い。

30

【0071】

図1に示されるSBWシステムは反力装置40と転舵装置30の間には機械的な結合を持たないが、システムに異常が発生した場合に、コラム軸2と転舵機構をクラッチ等で機械的に結合する機械的トルク伝達機構を備えるSBWシステムにも、本発明は適用可能である。このようなSBWシステムでは、システム正常時はクラッチをオフにして機械的トルク伝達を開放状態とし、システム異常時はクラッチをオンにして機械的トルク伝達を可能状態とする。更に、反力装置40はトーションバーを備えているが、ハンドル1と反力用モータ41の間に任意のパネ定数を有する機構であればトーションバーに限定しなくても良く、転舵装置30と協調して動作するのであれば、トーションバー等を備えない反力装置でも良い。

40

【0072】

なお、上述で使用した図は、本発明に関して定性的な説明を行うための概念図であり、これらに限定されるものではない。また、上述の実施形態は本発明の好適な実施の一例ではあるが、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。

【0073】

本発明の主たる目的は、目標転舵角生成における微変動補正の実現手段についてであり

50

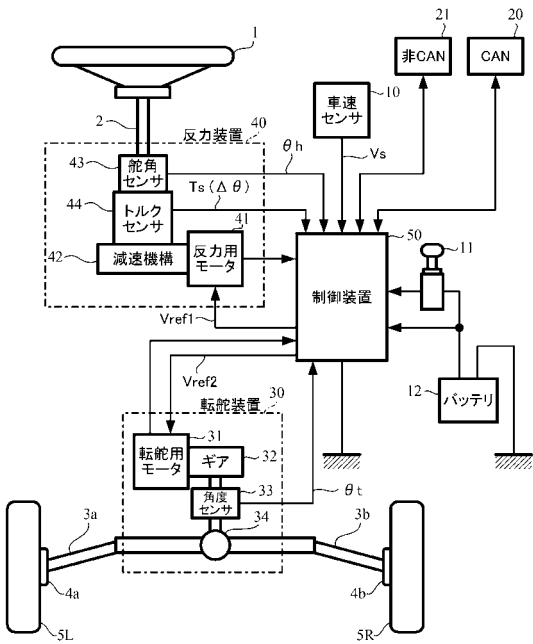
、目標転舵角に対する転舵角の追従性の実現手段に関しては、上記の転舵角制御部に限定しなくても良い。

【符号の説明】

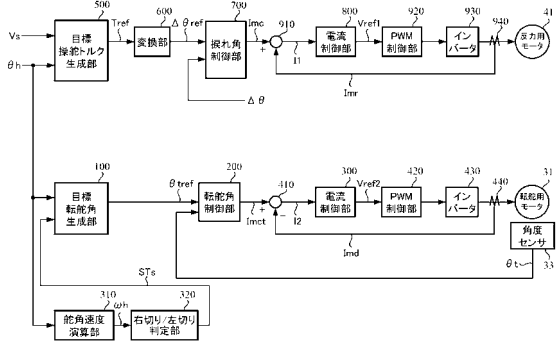
【 0 0 7 4 】

1	ハンドル	
2	コラム軸（ステアリングシャフト、ハンドル軸）	
1 0	車速センサ	
3 0	転舵装置	
3 1	転舵用モータ	
3 2	ギア	10
3 3	角度センサ	
4 0	反力装置	
4 1	反力用モータ	
4 2	減速機構	
4 3	舵角センサ	
5 0	制御装置	
1 0 0	目標転舵角生成部	
1 1 0	制限部	
1 2 0	レート制限部	
1 3 0	微変動補正部	20
1 3 1	ヒステリシス演算部	
2 0 0	転舵角制御部	
2 1 0	転舵角フィードバック（F B）補償部	
2 2 0	転舵角速度演算部	
2 3 0、7 3 0	速度制御部	
2 4 0、7 4 0	出力制限部	
3 0 0、8 0 0	電流制御部	
3 1 0	舵角速度演算部	
3 2 0	右切り／左切り判定部	
4 2 0、9 2 0	P W M制御部	30
4 3 0、9 3 0	インバータ	
4 4 0、9 4 0	モータ電流検出器	
5 0 0	目標操舵トルク生成部	
5 0 1	符号部	
6 0 0	変換部	
7 0 0	捩れ角制御部	
7 1 0	捩れ角フィードバック（F B）補償部	
7 2 0	捩れ角速度演算部	

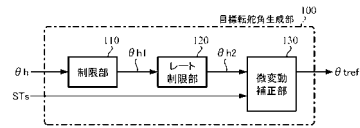
【図1】



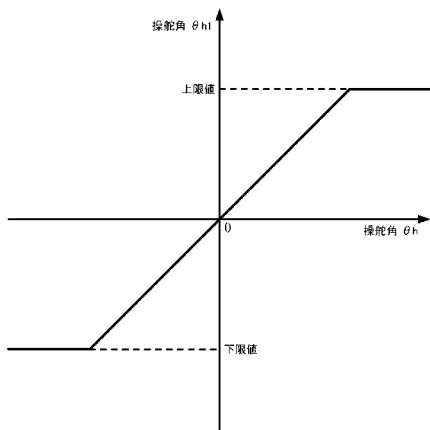
【図2】



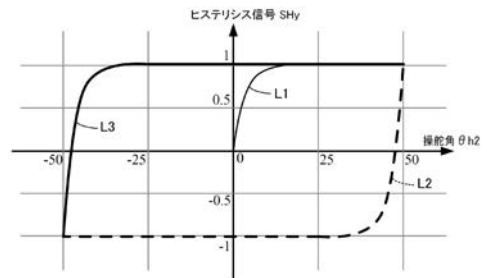
【図3】



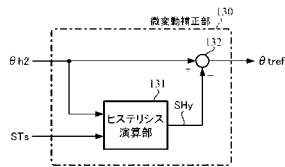
【図4】



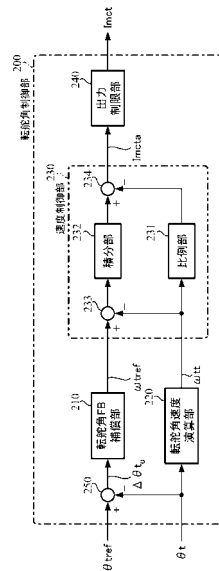
【図6】



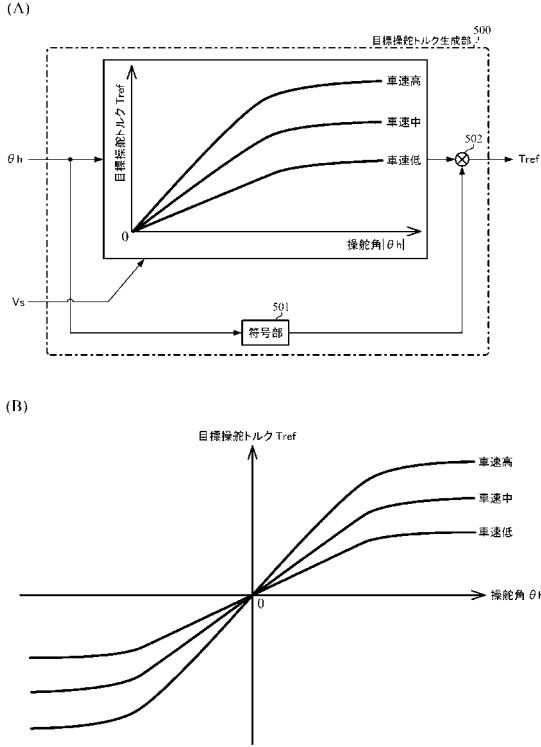
【図5】



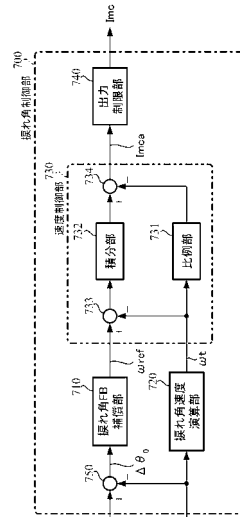
【図7】



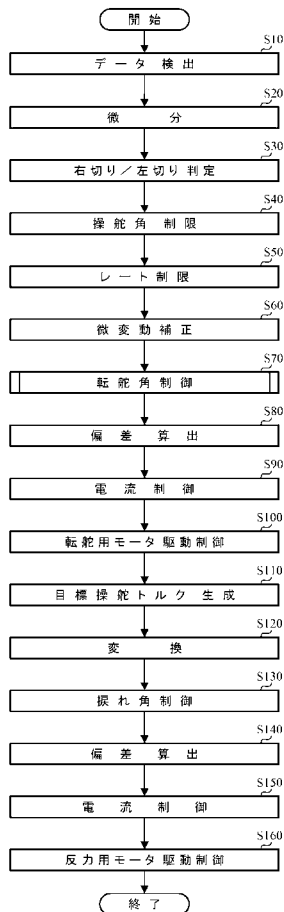
【 図 8 】



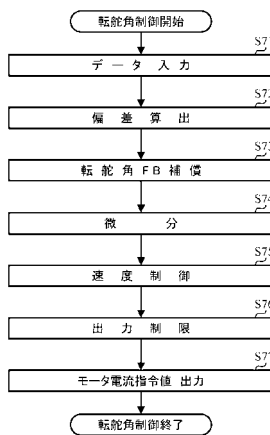
【 図 9 】



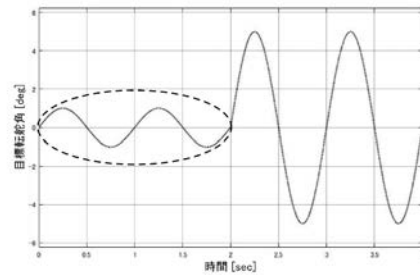
【 図 10 】



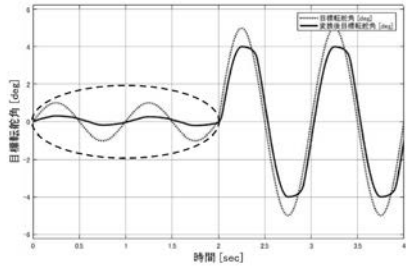
【 図 11 】



【 図 12 】

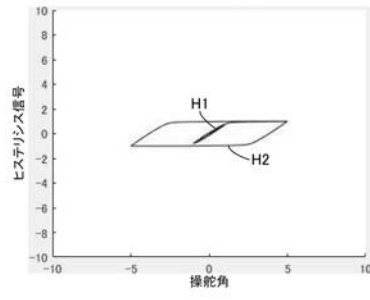


【図 13】

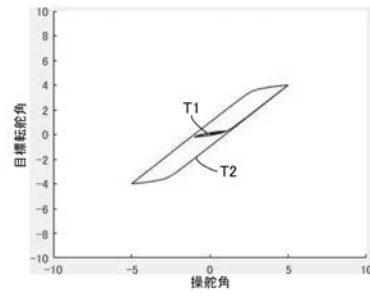


【図 14】

(A)



(B)



フロントページの続き

Fターム(参考) 3D232 CC03 CC12 DA03 DA04 DA15 DA23 DA63 DA64 DC01 DC02
DC03 DC08 DC10 DC13 DC17 DD01 DD02 DD06 DD10 DD17
DE05 EB04 EB12 EC23 EC37 GG01
3D333 CB02 CB29 CB46 CD60 CE52